

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh nové technologie výroby složité součásti

***The Proposal of the New Technology for Complex
Components***

Student:

Jan Durchánek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student:

Jan Durchánek

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Návrh nové technologie výroby složité součásti
The Proposal of the New Technology for Complex Components

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Problematika frézování složitých tvarů.
3. Návrh nové technologie pro vybranou součást.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábání, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [3] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábání, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábání, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Tato práce byla vypracována se souhlasem vedení společnosti JPMB Technology s.r.o. v Postřelmově.

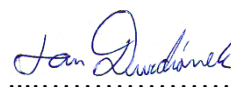
V Ostravě 16. 5. 2016


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostrava 16. 4. 2016



.....
podpis studenta

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hrabenov 75

Ruda nad Moravou

789 63

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DURCHÁNEK, J. *Návrh nové technologie výroby složité součásti*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2016, 45 s. Vedoucí práce: Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá návrhem nové technologie výroby složité součásti. Vybranou součástí je rotační součást planetového soukolí, které se používá pro stroj na PVD povlakování. Návrh nové technologie výroby spočívá ve vhodném výběru obráběcího stroje a nástrojů z důvodu zefektivnění a snížení nákladů výroby. V první části je stručně popsáno, proč dochází k modernizaci výrobních technologií, historie a výrobní program firmy JPMB Technology s.r.o. Dále je popsán způsob obrábění ploch frézováním.

Ve druhé části je popsán stávající postup výroby vybrané součásti, volba modernějších a výkonnějších strojů pro obrábění dané součásti, dále návrh řezných nástrojů. Závěrem práce je technicko – ekonomické zhodnocení nově navržené technologie.

ANOTATION OF THESIS

DURCHÁNEK, J. *The Proposal of the New Technology for Complex Components*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Cutting and Assembly, 2016, 45 p. Thesis, head: Vrba, V.

Thesis deals with the design of new production technology complex components. The selected part of the rotary element of the planetary gear set which is used for the PVD coating machine. Design of a new manufacturing technology consists in the appropriate selection and machine tools because of the efficiency and reduces production costs. The first part briefly describes why there is a modernization of production technology, history and production program JPMB Technology Ltd. Further disclosed is the treatment of surfaces by milling.

The second section describes the existing manufacturing process selected components, the choice of modern and efficient tools for the machining of the components, as well as a proposal of cutting tools. Finally, work is technical - economic evaluation of the newly proposed technology.

Seznam použitých zkratek

PVD	-	-	Physical Vapour deposition – nanášení povlaků odpařením z pevné fáze
CNC	-	-	Computer Numerical Control – počítačový řídicí systém
NC	-	-	Numerical Control – číslicové ovládání
R	-	[mm]	poloměr
F_C	-	[N]	řezná složka síly obrábění
F_P	-	[N]	pasivní složka síly obrábění
F_H	-	[N]	horizontální složka síly obrábění
F_V	-	[N]	vertikální složka síly obrábění
F	-	[N]	výsledná řezná síla obrábění
v_f	-	[mm·min ⁻¹]	rychlost posuvu
v_c	-	[mm·min ⁻¹]	řezná rychlost
a_p	-	[mm]	hloubka řezu
f	-	[mm]	posuv na otáčku
φ	-	[°]	úhel řezného klínu
α	-	[°]	alfa, úhel hřbetu
β	-	[°]	beta, úhel bříty
γ	-	[°]	gama, úhel čela
δ	-	[°]	delta, úhel řezu
λ_s	-	[°]	lambda, úhel sklonu ostří
χ_r	-	[°]	kapa, úhel nastavení
Re	-	[MPa]	hloubka řezu
Rm	-	[MPa]	hloubka řezu
CAM	-	-	Computer Aided Design - počítačem podporované navrhování
CAD	-	-	Computer Aided Manufacturing - počítačem podporovaná výroba

Obsah

1. ÚVOD.....	9
2. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA DANÉHO PROBLÉMU.....	10
2.1 HISTORIE FIRMY JPMB TECHNOLOGY	10
3. PROBLEMATIKA FRÉZOVÁNÍ SLOŽITÝCH TVARŮ	11
3.1 TECHNOLOGIE FRÉZOVÁNÍ	11
3.2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ROVINNÉHO FRÉZOVÁNÍ	11
3.2.1 Válcové frézování	11
3.2.2 Čelní válcové frézování	13
3.3 GEOMETRIE BŘITU FRÉZY	14
3.4 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ FRÉZ	15
3.4.1 Podle provedení zubů	15
3.4.2 Podle směru zubů vzhledem k ose frézy.....	15
3.4.3 Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy	15
3.4.4 Podle počtu dílů.....	15
3.4.5 Podle geometrického tvaru.....	16
3.4.6 Podle způsobu upnutí	16
3.4.7 Frézovací hlavy	16
3.5 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ FRÉZEK	16
3.5.1 Konzolové frézky.....	16
3.5.2 Stolové frézky.....	17
3.5.3. Rovinné frézky	17
3.5.4 Speciální frézky.....	18
3.6 UPÍNÁNÍ FRÉZOVACÍCH NÁSTROJŮ	18
3.7 FRÉZOVÁNÍ TVAROVÝCH PLOCH.....	19
3.7.1 Frézování tvarových ploch orýsováním.....	19
3.7.2 Tvarovými frézami	19
3.7.3 Pomocí otočného stolu	20
3.7.4 Kopírováním.....	21
3.7.5 Pomocí NC a CNC techniky	21
3.8 PRÁCE NA FRÉZKÁCH	21
3.8.1 Frézování šikmých ploch	21
3.8.1.1 Frézování šikmých ploch úhlovými frézami	22
3.8.1.2 Frézování šikmých ploch podle orýsování	22
3.8.1.3 Frézování šikmých ploch pomocí úhlových podložek	22
3.8.1.4 Frézování šikmých ploch vykloněním otočného svěráku.....	23
3.8.1.5 Frézování šikmých ploch vykloněním vřetena svislé frézovací hlavy	23
3.8.1.6 Frézování šikmých ploch sdruženými frézami	23
3.8.4 Frézování výřezů a drážek.....	23
3.8.5 Frézování tvarových drážek	24
3.8.6 Frézování ozubení čelních kol	25

4. NÁVRH MODERNÍ TECHNOLOGIE.....	26
4.1 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE	26
4.1.1 Obráběný materiál.....	27
4.1.2 Použité stroje a nástroje.....	27
4.1.2.1 Řezání	27
4.1.2.2 Soustružení.....	28
4.1.2.3 Frézování	31
4.2 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE	33
4.2.1 Postup výroby.....	33
4.2.2 Soustružení + frézování.....	34
5. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	39
5.1 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE	39
5.2 NAVRŽENA NOVÁ TECHNOLOGIE.....	39
5.3 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ	40
6. ZÁVĚR	40
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	41
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	42
9. SEZNAM TABULEK.....	44
10. SEZNAM PŘÍLOH.....	44

1. Úvod

V dnešní době, kdy se výrazně zvýšila poptávka po strojírenském průmyslu, je kladen důraz na co nejefektivnější a nejhospodárnější výrobu. Většina velkých podniků se soustřeďuje pouze na výrobu svých hlavních produktů, což vede k tomu, že si náhradní díly nebo vedlejší menší součásti zajišťují u menších firem, pro které tento způsob mnohdy znamená hlavní výrobní program, což představuje značně vyšší nároky na univerzálnost strojů a výrobních technologií. Hlavním kritériem při výběru dodavatele je rychlost dodání požadovaného množství produktů, cena a kvalita výrobků, což klade specifické požadavky na technologii výroby a také strojní zařízení. Z tohoto důvodu dochází k optimalizaci a přechodu výroby ze starší technologie na mnohem modernější technologie.

Díky strojírenské technologii, což je věda, která analyzuje výrobní proces do všech podrobností, jsme schopni aplikovat veškeré její poznatky a tím optimalizovat výrobu, čímž dosáhneme maximální produktivity a hospodárnosti výroby. Optimalizace výroby tedy dosáhneme především dokonalou znalostí strojírenské technologie, protože každý materiál má různé mechanické, chemické tak i tepelné vlastnosti a proto je nutné zvolit správné parametry pro efektivní výrobu. Dále zautomatizováním současného způsobu výroby, použitými nástroji, chlazením, apod. Zautomatizování výroby se vyplatí jen tehdy, pokud se vyrábí více kusů výrobku nebo taky, když se na stroji bude vyrábět více druhů součástí a stroj bude stále v provozu.

2. Obecná charakteristika daného problému

Cílem Bakalářské práce je, převedení zastaralé technologie výroby součásti planetového soukolí, určené pro stroj na PVD povlakování, na modernější technologii a zároveň k její optimalizaci. Převod výroby na výkonnější stroj se provádí za účelem dosažení její vyšší produkce. Naší snahou je dosažení vyšší kvality obrábění, urychlení výroby součásti a také snížení výrobních nákladů.



Obr. 2.1 – Součást planetového soukolí

2.1 Historie firmy JPMB Technology

Společnost byla v roce 2007 založená pod názvem J.P. Technology. Založili ji dva kamarádi, kteří ji měli na živnost. Přibývaly zakázky a došlo k jejímu růstu. V roce 2012 firma přešla na s.r.o. a také se změnil její název na JPMB Technology s.r.o. Sídli v Postřelmově v bývalém areálu MEZ Postřelmov. Odpovědné osoby za firmu jsou Josef Příbyl a Jaroslav Peškar. V současné době mají 11 zaměstnanců.

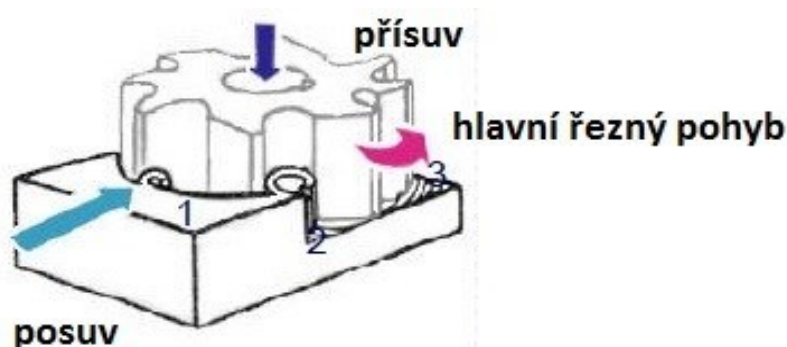
Firma se zabývá výrobou různých přípravků a náhradních dílů. Hlavními odběrateli jsou Hella Autotechnik Nova s.r.o. Mohelnice, Platit Šumperk, SHM Zábřeh na Moravě, Lugafo s.r.o. Zábřeh na Moravě, Hella Production s.r.o. Rakousko.

3. Problematika frézování složitých tvarů

3.1 Technologie frézování

Frézování patří mezi velmi rozšířené metody třískového obrábění. Obrovskou předností této technologie je, velká výkonnost při velmi dobré kvalitě obrábění. Frézováním lze obrábět rovinné, tvarové i rotační plochy, ale také jím lze obrábět drážky různých profilů, závity a ozubení. Toto široké uplatnění a možnost frézování velkými řeznými rychlostmi, což umožňuje produktivnější a hospodárnější odebrání materiálu než při obrábění jednobřitými nástroji (hoblování, obrážení), zařadili frézování na významné místo ve strojírenské výrobě. [1, 2]

Frézování je způsob obrábění, při kterém je materiál obrobku odebírán vícebřitým nástrojem neboli frézou. Hlavní pohyb je rotační a vykonává jej fréza. Posuv do řezu vykonává obrobek, upnutý na pracovním stole frézovacího stroje neboli frézky. Směr pohybu obrobku je přímočarý posuvný a je obvykle kolmý na osu otáčení nástroje. [1]

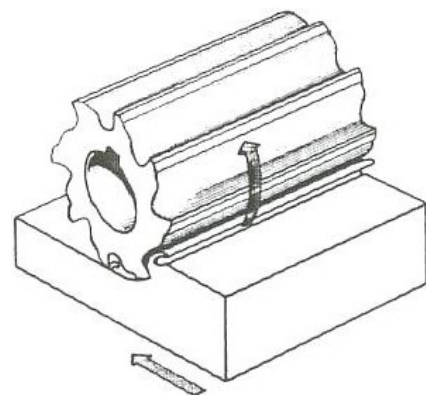


Obr. 3.1 – Základní pohyby při frézování [5]

3.2 Základní rozdělení rovinného frézování

3.2.1 Válcové frézování

Při frézování válcovou frézou je tříska odebírána zuby na obvodě frézy, přičemž osa nástroje je rovnoběžná s osou obrobku. Tříska má tvar kapky. Výhodou obvodového frézování je, že s rostoucím průměrem frézy můžeme pracovat s větším pracovním posuvem, protože dochází k odběru delší třísky na úkor její tloušťky, což má vliv na snížení pružné deformace a lepší odvod tepla z obrobku. [1, 2]



Obr. 3.2. – Válcové frézování [6]

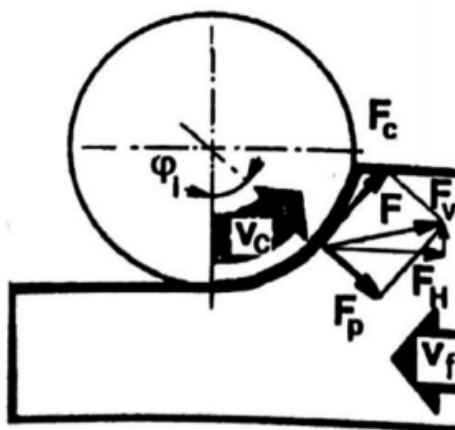
Rozlišujeme dva způsoby frézování válcovou frézou:

a) Nesousledné frézování

Při nesousledném (nesouměrném) frézování se ostří rotujícího nástroje v místě styku pohybuje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Proměnlivá tloušťka třísky se mění od minimální hodnoty na hodnotu maximální. K oddělování třísky dochází v okamžiku, kdy tloušťka odřezané vrstvy dosáhne určité velikosti. [2]

Výhodou nesousledného frézování je klidnější chod frézky bez rázů, použití u strojů, kde je nemožné vymezení axiální vůle pohybových šroubů. [2]

Nevýhodou nesousledného frézování je v první řadě zhoršená jakost obrobené plochy. Rychlejší opotřebení břitu z důvodu tření hřbetu o obrobek a také větší náročnost upnutí obrobku, což je způsobeno směrem řezné síly, která směřuje ven z obrobku a tím se jej snaží vyhodit z upnutí. [2]



Obr. 3.3 – Silové poměry při nesousledném frézování [1]

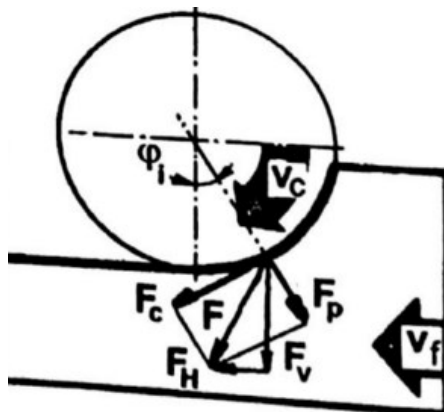
b) Sousledné frézování

Při sousledném frézování je smysl rotace takový, že ostří se v místě styku pohybuje ve směru posuvu obrobku. Tloušťka třísky se mění z maximální hodnoty na nulovou hodnotu. K tomu, abychom mohli na stroji provádět sousledné frézování, musí být konvenční neboli klasická frézka přizpůsobena tak, že se vymezí vůle a předpětí mezi posunovým šroubem a maticí stolu. Pokud není tato podmínka splněna, může dojít k poškození nástroje i stroje. [2]

Výhodou sousledného frézování oproti nesouslednému je, že řezná síla působí do materiálu, což snižuje nároky na upnutí obrobku. Dále pak, vyšší jakost obrobené plochy, vyšší trvanlivost nástrojů, díky čemuž můžeme použít vyšší řezné rychlosti a posuvy. [2]

Nevýhodou tohoto způsobu frézování jsou rázy při záběru každého zubu do obrobku. Rázy můžeme snížit větší tuhostí stroje, konstrukcí zubů frézy (použití fréz se šikmými zuby) a dokonalým upnutím nástroje i obrobku. [2]

Sousledné frézování se používá u CNC frézek, protože pohybové šrouby jsou vyrobeny bez vůle.

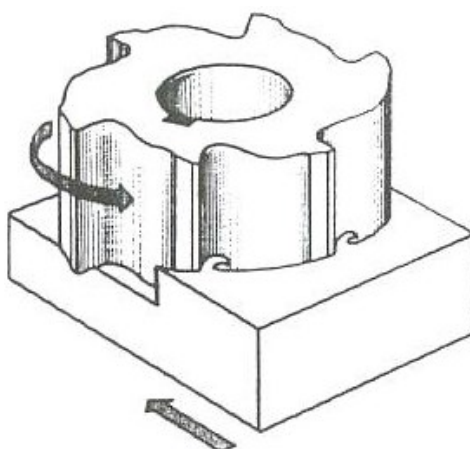


Obr. 3.4 – Silové poměry při sousledném frézování [1]

3.2.2 Čelní válcové frézování

Při frézování čelními válcovými frézami, je tříska odřezávána nejen břity po obvodu, ale i břity na čele frézy. Osa nástroje je kolmá k ose obrobku. Tloušťka třísky se mění od minimální hodnoty na hodnotu maximální podle průměru frézy a šířky obráběné plochy. Tvar třísky je šroubovitý. [1,2]

Při čelním frézování je v záběru více zubů současně, díky čemuž můžeme volit větší posuvy obrobku. Tento způsob je výkonnější oproti frézování válcovými frézami. [1,2]



Obr. 3.5 – Čelní frézování [6]

3.3 Geometrie břitu frézy

Úhel hřbetu α (alfa) – je to úhel svíraný mezi hřbetem zubu frézy a tečnou k obvodu nástroje neboli řeznou rovinu. Úkolem je snižování tření hřbetu zubu na obráběné ploše. Čím je hodnota úhlu α vyšší, tím je tření menší. Aby nedocházelo k přílišnému zeslabování zubu, což vede i ke snížení jeho pevnosti, je jeho velikost omezena. [5]

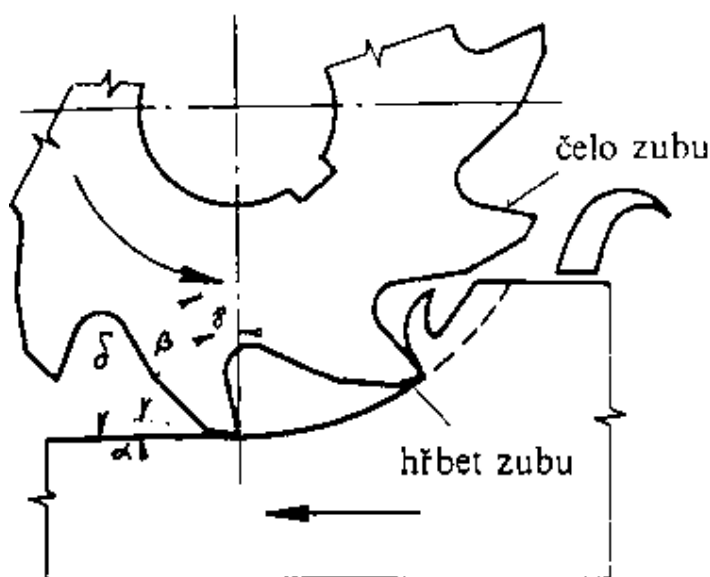
Úhel břitu β (beta) – je to úhel, který je svírán plochou hřbetu a plochou čela. Čím je tento úhel nižší, tím je snadnější jeho pronikání do materiálu. Pro frézování tvrdých a pevných materiálů musí mít větší hodnotu, aby odolal zatížení, které je vyvolané velkým řezným odporem. [5]

Úhel čela γ (gama) – úhel, který je svírán mezi plochou čela břitu a spojnicí špičky břitu se středem otáčení. Rotující hodnota úhlu γ zeslabuje břit frézy, z tohoto důvodu je tabulkově omezena. Úhel čela usnadňuje tvoření třísky. [5]

Úhel řezu δ (delta) – úhel, který je svírán plochou čela a řeznou rovinou. Je to součet úhlů alfa a beta ($\alpha + \beta$). [5]

Úhel sklonu ostří λ (lambda) – úhel, který je svírán osou otáčení frézy a tečnou k šroubovici břitu. [5]

Úhel nastavení χ (kapa) – úhel, který je mezi ostřím frézy a rovinou kolmou na osu otáčení. [5]



Obr. 3.6 – Geometrie břitu frézy [5]

3.4 Základní rozdělení fréz

Frézy jsou vícebřité nástroje, na nichž jsou břity uspořádány na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše. U čelních fréz jsou i na čelní ploše. Kvůli velkému rozsahu technologie se používá velmi mnoho druhů fréz, z nichž většina je normalizovaná. [2]

Frézy lze rozdělit do jednotlivých skupin podle různých hledisek:

3.4.1 Podle provedení zubů

- Frézy se zuby frézovanými – zubové mezery jsou vyráběny frézováním kuželovými frézami. Mají rovné břity a slouží k obrábění rovinných ploch. [1]
- Frézy se zuby podsoustruženými – hřbetní plocha je vytvořena jako část Archimédovi spirály. Vyrábí se podsoustružením na speciálním soustruhu. Používají se u tvarových fréz. [1]

3.4.2 Podle směru zubů vzhledem k ose frézy

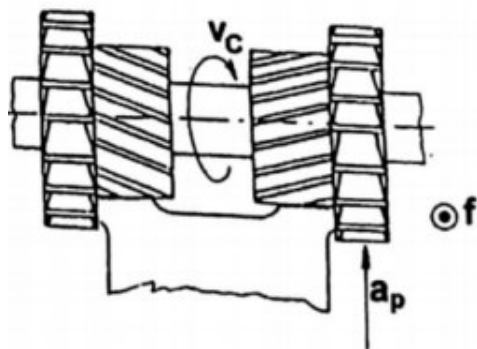
- Frézy se zuby přímými
- Frézy se zuby ve šroubovici – jsou buď levotočivé, nebo pravotočivé [1]

3.4.3 Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy

- Frézy jemnozubé – používají se pro frézování na čisto
- Frézy polohrubozubé – používají se pro středně velké úběry frézování
- Frézy hrubozubé – používají se pro operaci hrubování [1]

3.4.4 Podle počtu dílů

- Frézy celistvé
- Frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami – zuby mohou být ze slinutých karbidů, kubického nitridu boru, rychlořezné oceli.
- Frézy skládané – jsou složeny z více samostatných fréz. Slouží pro frézování složitých tvarů. [1]



Obr. 3.7 – Skládaná fréza [1]

3.4.5 Podle geometrického tvaru

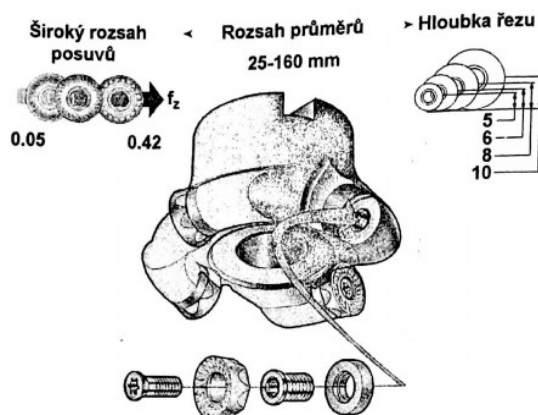
- Válcové – s břity na válcové ploše
- Čelní – s břity na válcové a čelní ploše
- Kotoučové – s břity na válcové a obou čelních plochách
- Kuželové – s břity na jedné nebo dvou kuželových plochách
- Tvarové – s břity na tvarových plochách (např. frézy na ozubení, závity, zaoblovací frézy) [1]

3.4.6 Podle způsobu upnutí

- Stopkové – s kuželovou nebo válcovou stopkou
- Nástrčné – s otvorem pro nasunutí na trn[1]

3.4.7 Frézovací hlavy

Frézovací hlavy se používají pro obrábění rovinných ploch s nižšími nároky na makronerovnost, jelikož produktivita práce je většinou větší než při hoblování. To proto, že současně zabírá několik zubů a nástroj nemusí vykonávat zpětný pohyb. Frézovací hlavy se konstrukčně řeší se vsazenými noži, které mají tvar destiček či soustružnických nožů s řeznými destičkami ze slinutého karbidu nebo rychlořezné oceli. [1]



Obr. 3.8 – Frézovací hlava s vyměnitelnými kruhovými řeznými destičkami [1]

3.5 Základní rozdělení frézek

3.5.1 Konzolové frézky

Konzolové frézky patří mezi nejvíce rozšířené frézovací stroje. Jejich hlavním znakem je výškově přestavitelná konzola, která je upevněna na vedení stojanu a po stojanu je přestavitelná ve svislém směru, stůl má příčný a podélný posuv, což umožňuje pohyb obrobku ve třech osách vůči nástroji. Používají se pro obrábění menších a středních součástí. [2]

Konzolové frézky dále rozlišujeme na:

- **Vodorovné konzolové frézky** – mají vodorovnou osu pracovního vřetene, která je rovnoběžná s plochou podélného stolu a současně kolmá na směr pohybu podélného stolu. [2]
- **Konzolové frézky svislé** – pracovní osa vřetene je kolmá k upínací ploše stolu. Vřeteno je uloženo ve svislé hlavě, která je připevněna k horní části stojanu. Natáčení svislé hlavy je možné o $\pm 45^\circ$ na obě strany. [2]
- **Univerzální konzolové frézky** – jsou vybaveny výsuvným ramenem pro upínání trnu s válcovou frézou a také svislou hlavou pro upínání čelních fréz a frézovacích hlav. S výhodou se dají použít pro frézování šroubovitých drážek na vrtácích, zubových mezer na frézách a výhrubnicích se zuby ve šroubovici. [2]
- **Nástrojářské frézky** – umožňují frézovat plochy skloněné pod různými úhly a tím vyrábět složené obrobky (řezné nástroje, formy). Stůl se může otáčet kolem vodorovné a svislé osy. Pracovní hlavu s vřetenem lze natáčet kolem vodorovné osy. [2]
- **Kopírovací frézky** – stejně jako NC frézky, umožňují frézovat složité prostorové tvary dle předem připraveného modelu. Dnes se již používají jen zřídka, kvůli rozvoji NC frézek. [2]

3.5.2 Stolové frézky

Na rozdíl od frézek konzolových nemají konzolu, ale podélný příčný stůl. Svislý pohyb je prováděn přemístěním vřeteníku po vedení stojanu stroje. Na stolových frézách lze produktivně a zároveň velmi kvalitně obrábět velké a těžké součásti. Existují jak vodorovné tak svislé. [2]

3.5.3. Rovinné frézky

Jsou to robustní stroje, které patří mezi nejvýkonnější ze všech druhů frézek. Je na nich tedy možné obrábět obrobky velkých rozměrů a hmotností. Na rovinných frézách se obrábí nejčastěji frézovacími hlavami při obrábění vodorovných, šikmých i svislých ploch a stopkovými frézami při frézování úzkých ploch a drážek. Vyrábí se i s více vřeteníky, tedy jako portálové. [2]

3.5.4 Speciální frézky

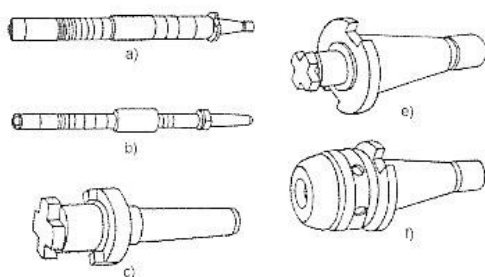
Jsou konstruovány pro určitý druh práce. Patří sem:

- **Frézky na závity** – závity jsou frézovány tvarovou válcovou, kotoučovou nebo okružní frézou. [2]
- **Frézky na ozubení** – nejpoužívanější způsob je odvalovací frézka. Obrobek je upnutý na otočném stole, se kterým se přisouvá k fríze tak, aby se odvalovala po valivé přímce hřebenu frézy. Další možností výroby ozubených kole je dělicí způsob frézování tvarovou stopkovou nebo kotoučovou frézou. [2]
- **Frézky na drážky** – vřeteník je posuvný ve vedení rovnoběžném s podélným posuvem stolu a umožňují posuvem vřeteníku frézovat drážky pro pera do hřídelů. [2]
- **Frézky na vačky** – frézují tvary vaček podle šablon nebo modelů. [2]
- **Pantografické frézky** – používají se pro frézování písmen, číslic nebo tvarových ploch podle šablony. [2]

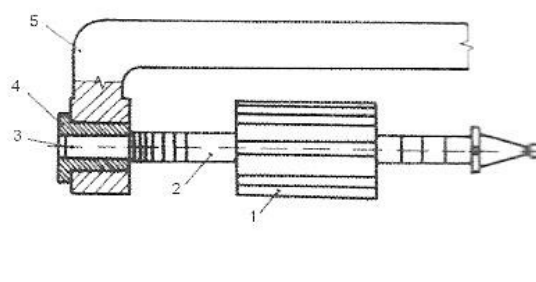
3.6 Upínání frézovacích nástrojů

Upínání válcových fréz probíhá pomocí trnů. Upínají se do vřetena kuželovou stopkou a krouticí moment je přenášen perem. Rozpěrnými kroužky je zajišťována poloha frézy na trnu. Druhý konec trnu má čep, který se otáčí v podpěrném ložisku na výsuvném rameni vodorovné frézky. [3]

Nejčastěji používané frézovací trny jsou znázorněny na obr. 3.9 a upínání válcové frézy na dlouhém trnu je znázorněno na obr. 3.10. [3]



Obr. 3.9 – Frézovací trny
(a,b – dlouhé frézovací trny pro upínání válcových fréz; c,d – krátké upínací trny pro letmé upnutí čelních nástrčných a frézovacích hlav do vřetene; e – sklíčidlo s upínacím pouzdem pro upnutí fréz s válcovou stopkou do vřetene frézy)[3]



Obr. 3.10 – Upínání válcové frézy na dlouhém trnu
(1 – fréza, 2 – rozpěrné kroužky, 3 – čep, 4 – podpěrné ložisko, 5 – výsuvné rameno vodorovné frézky)[3]

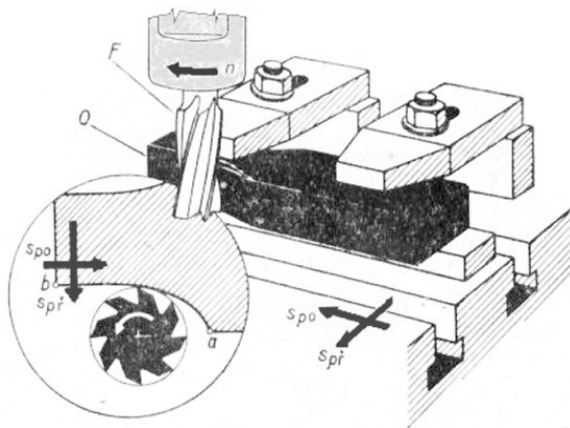
3.7 Frézování tvarových ploch

V praxi se velmi často vyskytují součásti, jejichž tvar se liší od tvaru pravidelných těles. Plochy těchto součástí jsou různě zakřivené. Tvarové plochy na frézkách lze obrábět následujícími způsoby. [4]

3.7.1 Frézování tvarových ploch orýsováním

V kusové výrobě se zpravidla tvarové plochy frézují orýsováním. Výsledný tvarový pohyb je zajištěn ručně sdružením příčného a podélného posuvu. Správnost vyfrézovaného tvaru a jakost obrobených ploch závisí hlavně na zručnosti a schopnostech pracovníka. [4]

Orýsovaný tvar na obrobku frézaři umožňuje obrobit požadovaný tvar při použití běžných nástrojů a základního upínacího zařízení. Jednoduché tvary orýsuje frézař sám, složitější tvary orýsuje rýsovač. Pro zlepšení viditelnosti rysek se obrobek natře roztokem plavené křídý nebo roztokem modré skalice, který vytvoří na obrobené ploše obrobku tenký měděný povlak. Celý obrys nebo jeho část nejdříve ofrézujeme na hrubo (několika záběry). Obrábět začínáme vždy v místě nejmenšího přídavku na obrábění a , protože při záběru v místě největšího přídavku b , by se mohla fréza poškodit. Při dokončovacím záběru musí být pohyby ještě opatrnější. V průběhu obrábění musí frézař neustále pozorovat obrysové rysky, protože jsou mu vodítkem při vytváření potřebného tvarového pohybu. Tvarový obrys kontrolujeme šablonou, rozměry posuvným měřítkem. [4]

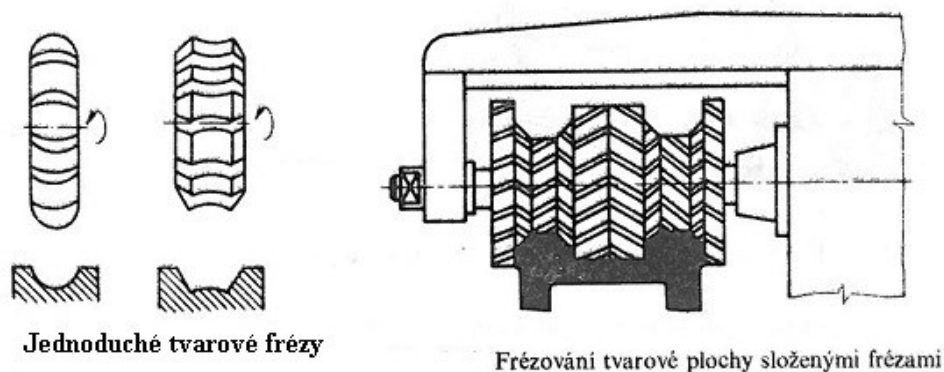


Obr. 3.11 – Frézování tvarových ploch podle orýsování [11]

3.7.2 Tvarovými frézami

Tímto způsobem frézování se většinou frézují krátké a jednoduché tvarové profily. Tvarovými frézami se jedním záběrem (průchodem) ofrézuje buď celý tvarový povrch, nebo jeho určitá část. Tvarového zakřivení břitů se dosáhne podsoustružením nebo podbroušením hřbetů jednotlivých zubů. [4]

Výhodou tohoto způsobu frézování je možnost ofrézování na čisto a jediný průchod velmi složitých tvarů. Hlavní nevýhodou jsou však vysoké pořizovací náklady a také nižší výkon obrábění, jelikož při frézování se odřezává poměrně dlouhá tříska, čímž se zvětšuje odpor, a tudíž se musí snížit řezná rychlost. [4]

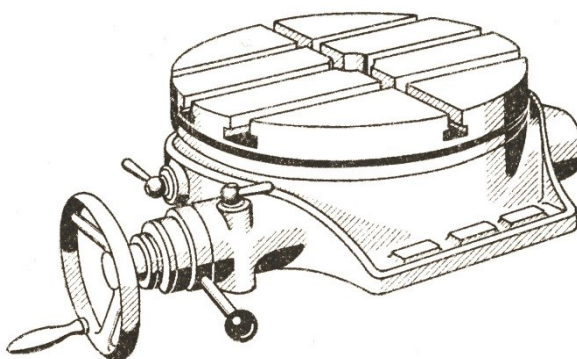


Obr. 3.12 – Frézování tvarovými frézami [11]

3.7.3 Pomocí otočného stolu

Otočné stoly jsou v podstatě kruhové upínací desky vodorovně položené a otočné kolem svislé osy, které mají na horní ploše radiální upínací desky. Spodní plocha desky má na obvodě ozubení, do kterého zabírá šroub uložený v základní desce stolu. K ručnímu otáčení kruhové desky se používá kličky ručního kolečka, která je nasazena na vyčnívajícím konci hřídele, na němž je uložen záběrový šroub. [4]

Na otočném stole jsme schopni obrábět vnější i vnitřní válcové plochy obrobku. Pomocí otočného stolu lze obrábět obrobky nejen válcových plochy, ale i obrobky ploch rovinných. [4]



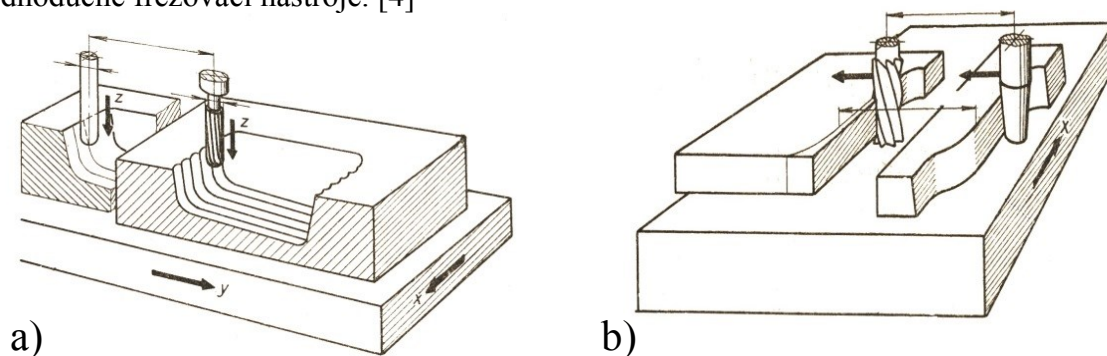
Obr. 3.13 – Otočný stůl pro frézování tvarových ploch [11]

3.7.4 Kopírováním

Kopírováním lze obrábět obvodové tvary i tvarové dutiny. Výsledného tvaru dosáhneme přenosem tvaru šablony pomocí dotykového palce na pracovní stůl, na jeho podélný a příčný pohyb. Průměr frézy je stejný jako povrch dotykového palce. [4]

Při obvodovém kopírování (obr. 3.14a) jsou potřebné pohyby řízeny dotykovým palcem, který ohmatává (sleduje) řídicí plochu šablony. Při prostorovém kopírování (obr. 3.14b) je dotykový palec neustále ve styku se vzorkem nebo modelem. [4]

Výhodou je vysoká přesnost, možnost výroby velmi složitých tvarů, levné a jednoduché frézovací nástroje. [4]



Obr. 3.14 – Frézování tvarových ploch kopírováním [11]

3.7.5 Pomocí NC a CNC techniky

Možnosti frézování tvarových ploch jsou závislé na možnostech řídicího systému. Tvarové plochy mohou být vyráběny ve 2D prostoru 3D, 4D, 5D případně i více osách. Pohyb nástroje je zapisován současně v několika osách. Tuto činnost zabezpečuje interpolátor, znamená to, že propočítá dráhy v jednotlivých osách a vydává impuls do posuvových motorů. U klasického programování se používá kruhová interpolace. U CAD/CAM systémů je dráha nástroje dána výkresem či modelem, čímž se celé programování zjednoduší. [11]

3.8 Práce na frézkách

3.8.1 Frézování šikmých ploch

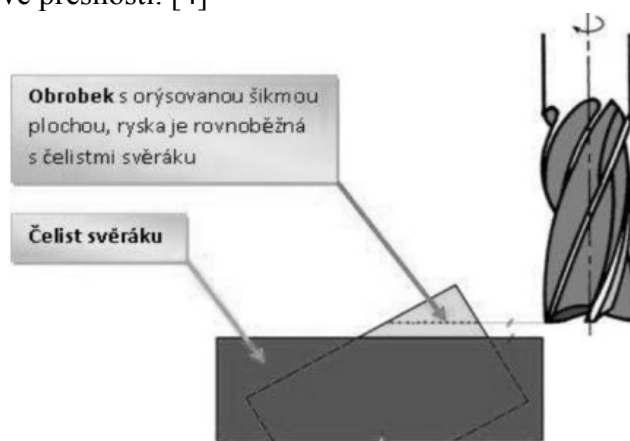
Šikmé plochy se nejčastěji obrábí úhlovými frézami, podle orýsování, za použití zvláštních podložek pro ustanovení polohy obrobku, při vyklonění obrobku upnutého ve sklopném svěráku nebo při vyklonění vřetene. Použitý způsob je závislý na velikosti dané plochy, počtu frézovaných obrobků a v neposlední řadě na technickém vybavení pracoviště. [4]

3.8.1.1 Frézování šikmých ploch úhlovými frézami

Tento způsob se používá pro frézování úzkých šikmých ploch, protože úhlové frézy mají malou délku řezných břitů. Břity mají normovaný sklon, takže je lze použít jen při shodném sklonu šikmé plochy. [4]

3.8.1.2 Frézování šikmých ploch podle orýsování

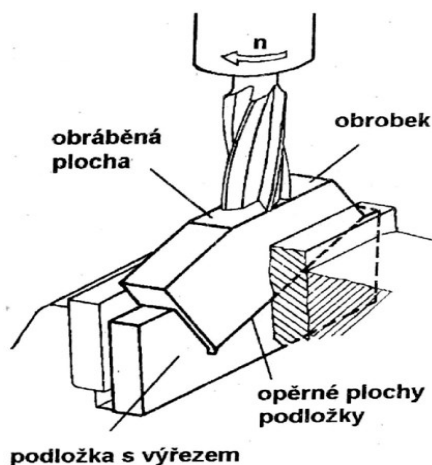
Obrobek se předem orýsuje, z důvodu toho, aby bylo zřejmé, jaké plochy a s jakým přírůstkem budou obráběny. Obrobek se ustaví tak, aby ryska určující šikmou plochu byla ve vodorovné poloze. Osa čelní frézy při frézování na svislé frézce je na obráběnou plochu kolmá. Osa válcové frézy (u vodorovných frézek) je s obráběnou šikmou plochou rovnoběžná. Tento způsob frézování se zejména používá v kusové výrobě tam, kde nezáleží na úhlové přesnosti. [4]



Obr. 3.15 – Frézování šikmých ploch podle orýsování [4]

3.8.1.3 Frézování šikmých ploch pomocí úhlových podložek

Obrobek se vkládá na speciálně vyhotovenou podložku, která se upne do svěráku a tím nám zajišťuje požadovaný sklon obrobku. Podložka nám zaručuje požadovanou polohu obrobku a úhlovou přesnost. Používá se jak v sériové, tak i v hromadné výrobě. [4]



Obr. 3.16 – Frézování šikmých ploch pomocí úhlových podložek [4]

3.8.1.4 Frézování šikmých ploch vykloněním otočného svěráku

Svěrák lze otáčet pomocí točnice a také jej lze naklápět v půlkruhovém vedení v rozsahu až do 45° na obě strany. Úhel natočení se odečítá z úhlové stupnice. Tento svěrák umožňuje natočení obrobku ve vodorovné rovině a také jeho sklopení do požadované šikmé plochy. [4]

3.8.1.5 Frézování šikmých ploch vykloněním vřetena svislé frézovací hlavy

Svislé frézky mají vertikální frézovací hlavy uloženy otočně, což umožňuje vyklonit vřeteno i s nástrojem do šikmé polohy v rovině kolmé k pracovnímu stolu. Při vyklonění vřetene jsme schopni frézovat šikmé plochy čelní i válcovou frézou. [4]

3.8.1.6 Frézování šikmých ploch sdruženými frézami

Členitější plochy se obrábí sdruženými frézami. Jedná se vlastně o několik jednoduchých fréz upnutých na jednom společném frézovacím trnu. Počet, tvar i velikost se volí podle profilu a velikosti dané frézované plochy. Výhodou je možnost frézování širokých a různě tvarovaných ploch, zvýšená přesnost obrábění a také zkrácení časů obrábění, protože jedním záběrem současně obrábějí několik ploch. [4]

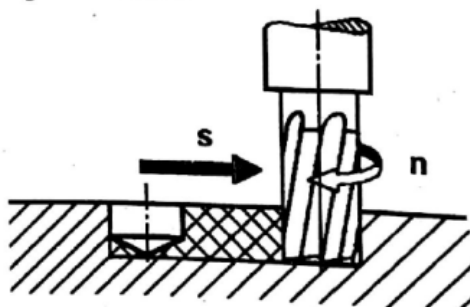
Při použití složených fréz musíme dodržovat tyto základní požadavky:

- a) v sestavě používáme normální normalizované frézy
- b) rozdíly v průměrech jednotlivých fréz nesmí být příliš velké
- c) současným záběrem několika fréz vzrůstá výkon i řezná síla, jejíž velikost nesmí překročit přípustný výkon frézky, aby nedošlo k poškození stroje, popřípadě i nástroje
- d) řeznou rychlost určujeme podle průměru největší frézy
- e) tuhost upnutí obrobku musí být podstatně větší, aby se při zvýšeném záběru nástroje neuvolnil obrobek. [4]

3.8.4 Frézování výřezů a drážek

Frézování dvou výřezů současně se provádí dvojicí kotoučových trojbřitých fréz upnutých na společném trnu. Vzájemnou vzdálenost fréz 50 mm (šířku výstupku) nastavíme rozpěrnými kroužky. Oba výřezy pak vyfrézujeme jedním záběrem při malé hloubce výřezu, nebo několika záběry při větších hloubkách výřezů. [4]

Uzavřené zapuštěné drážky lze v celé hloubce frézovat najednou tak, že v drážce předvrtáme díru, čímž nastavíme celou hodnotu hloubky drážky pro jeden záběr. Fréza bude ubírat velké množství materiálu, tudíž musíme snížit posuv na zub frézy. Tento způsob se například používá pro frézování drážek pro pero. [4]

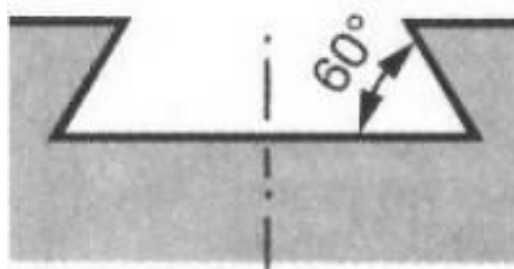


Obr. 3.17 – Frézování výřezů a drážek [4]

3.8.5 Frézování tvarových drážek

Drážky tvaru T se vyskytují na upínacích stolech obráběcích strojů, na upínacích deskách různých přípravků, v základových deskách apod. Frézování probíhá tak, že nejdříve si obrobek předrýsujeme a poté upneme na stůl frézky. Číselníkovým úchylkoměrem nebo nádrhem zkontrolujeme ustavení. Poté kotoučovou nebo stopkovou frézou vyfrézujeme pravoúhlou drážku a pak frézou na drážky tvaru T dofrézujeme rozšířenou část drážky. Rozšířenou část drážky vyfrézujeme podle velikosti drážky, přesnosti a požadované jakosti povrchu na jeden nebo několik záběrů. [4]

Frézování rybinovitých drážek, což jsou drážky, jejich některé plochy svírají jiný úhel než pravý, se zhotovuje podobně jako drážky tvaru T. Předrýsovaný obrobek upneme na stůl a jeho stavení zkontrolujeme nádrhem. Čelní válcovou nebo kotoučovou frézou vyfrézujeme průběžnou pravoúhlou drážku. Úhlovou čelní frézou dofrézujeme šikmé plochy a dno drážky. Nakonec profrézujeme čelní válcovou frézou se zaoblenými špičkami zubů odlehčení na dně drážky, které snižuje smykové tření posouvajících se součástí. [4]



Obr. 3.18 – Frézování rybinovitých drážek [4]

3.8.6 Frézování ozubení čelních kol

Ozubená kola jsou nezbytnou součástí pohybového ústrojí u většiny strojů, dopravních prostředků. Vyžadujeme od nich vysokou přesnost, trvanlivost, účinnost apod. Výroba ozubených kol patří k nejnáročnějším odvětvím strojírenské výroby. [4]

Zuby čelních kol můžeme vytvářet takto:

- a) frézováním tvarovými nástroji, tzn. profilovými frézami kotoučovými nebo stopkovými
- b) frézováním odvalovací frézou na odvalovacích frézkách
- c) obrážením nebo hoblováním [4]

Kotoučové frézy se používají při frézování ozubení dělicím způsobem, což znamená, že se vytvářejí zuby jeden po druhém. Břité frézy mají tvar zubové mezery vzniklého ozubení. Ozubení vyfrézované tímto způsobem bývá méně přesné z důvodu možné nepřesnosti frézy, nastavování břitů frézy vzhledem k obrobku a také v neposlední řadě nepřesností dělicího mechanismu. [4]

Pro ozubení čelních kol se používají stopkové frézy s přímými, šikmými i šípovými zuby, jeli modul větší než 20 mm. Nevýhodou u tohoto způsobu je malá přesnost a obtížnost přesného nastavení vzájemné polohy obrobku a nástroje. Výhodou tohoto způsobu je použití konzolových frézek vybavených dělicími přístroji. Tento způsob se používá v menších závodech a opravárnách, kde se frézuje menší počet kol, jejichž ozubení nemusí být příliš přesné. [4]

Hrubovací odvalovací frézy jsou vyráběny jako jednochodé, dvouchodé nebo tříchodé s kladným úhlem čela. Dokončovací frézy jsou většinou jednochodé s podbroušenými boky zubů. Zubní profil odvalovacích fréz se odvozuje ze základního profilu vyráběného kola. Odvalovací frézy jsou vyráběny jako nástrčné s břity v levé nebo pravé šroubovici. Zuby mohou být podsoustružené nebo podbroušené. Profil zubů je vždy lichoběžníkový s úhlem záběru $\alpha = 15^\circ$ nebo $\alpha = 20^\circ$. Řezná délka odvalovacích fréz s průměry nad 150 mm bývá delší než její vlastní průměr. [4]

4. Návrh moderní technologie

4.1 Stávající technologie

Stávající technologie výroby probíhá na zastaralém strojním zařízení. Při realizaci jednotlivých operací je zapotřebí třech upnutí, bez započtení operace řezání.

První operací je řezání (tyčového) materiálu. Dle zadané výkresové dokumentace se připraví polotovar o průměru 145 mm a délky 27 mm. Řezání probíhá na pásové pile Pegas 240x280 A – CNC – R. Při řezání je použita chladicí emulze, čímž je zvýšena efektivita řezání, zlepšuje se kvalita řezné plochy a prodlužuje se životnost pilového pásu. Délka strojního času pro tuto operaci činí 20 minut.

Následující operací je soustružení – hrubování na soustruhu typu SV 18 RA. Nejprve se obrábí vnitřní vybrání na požadované rozměry. Začíná se na vyšší hodnotě o průměru 139 mm a hloubkou 2 mm. Poté se pokračuje s dalším vybráním o průměru 133 mm a hloubkou 13 mm. Při hrubování jednotlivých vybrání, je použit přídavek 0,2 mm, který je později odstraněn při soustružení na čisto. Dále se pokračuje s vyvrtáním prostředního otvoru o průměru 26 mm. Poté je celý tento tvar i s prostředním otvorem soustružen na čisto na požadované rozměry. Poslední operací při tomto upnutí je vyvrtání čtyř menších děr o průměru 5 mm. Celkový pracovní proces na toto upnutí trvá 35 minut.

V obrábění na soustruhu se pokračuje po upnutí obrobku do sklíčidla za vnitřní plochu. Vnější průměr je osoustružen z průměru 145 mm na požadovaných 143 mm. Opět s přídávkem 0,2 mm a dochází k zarovnání čela. Následně je vnější plocha společně s čelem osoustružena na čisto. Tento proces trvá 15 minut.

Finální upnutí je provedeno ve frézce DMC 635 V, kde dojde k vyfrézování 8 otvorů o průměru 33 mm a 8 půlkruhových vybrání na bocích kolem každého otvoru. Poslední operací na frézce, ale i celkově, je gravírování 8 číslic na vnějším průměru u každého otvoru. Tento proces trvá 10 minut.

4.1.1 Obráběný materiál

Obráběný materiál je ocel 17 240. Jedná se o austenitickou chromniklovou ocel. Austenitická ocel je nejpoužívanějším druhem nerezového materiálu s velmi dobrou odolností vůči korozi, dobrou tvárností a svařitelností. Používá se pro součásti zařízení v chemickém, potravinářském a farmaceutickém průmyslu, pro prostředí kyselin a zařízení přicházející do přímého styku s vodou. Mechanické vlastnosti $R_m = 540 \div 750$ MPa, $R_e = 230 \div 260$ MPa. [12]

4.1.2 Použité stroje a nástroje

4.1.2.1 Řezání








Ocel se nařeže z tyče kruhového průřezu o průměru 145 mm na požadovanou délku, tj. 21 mm s přídavkem 6 mm na obrábění, takže celková délka obrobku je 27 mm. Řezání probíhá na pásové pile Pegas 240x280 A – CNC – R.



Obr. 4.1 – Pásová pila Pegas 240x280 A-CNC-R

Pegas 240x280 A – CNC – R je vysoce produktivní automatická, hydraulicky ovládaná pásová pila s vícenásobným podáváním materiálu. Pila umožňuje volbu mezi automatickým nebo poloautomatickým režimem řezání. Na pile je možno dělit materiál buď v kolmých nebo úhlových řezech, kdy úhlové řezy je možno nastavit od 0° do 60°. Vhodná pro řezání nerez a nástrojových ocelí, neželezných a lehkých kovů.

Tab. 4.1 – Řezné parametry pásové pily Pegas 240x280 A-CNC-R [13]

Rezné parametry							
		0°	45°	60°	 b	 b +HP max	 b +HP min
	D [mm]	240	190	120	x	x	x
	D [mm]	150*	110*	80*	x	x	x
	axb [mm]	280x220	190x170	120x150	280x120	230x100	120x40 (200x10)
	axb [mm]	280x220	150x220	120x150	280x120	230x100	120x40 (200x10)

*doporučené hodnoty, + HP = rozměr omezený horním přítlakem

4.1.2.2 Soustružení

Na většinu soustružnických prací firma JPMB Technology s.r.o. používá hrotový nástrojařský soustruh SV18 RA. Jedná se o vysoce přesný a výkonný stroj pro použití v kusové a malosériové výrobě pro všechny druhy kovových i nekovových materiálů.

Tab. 4.2 – Parametry soustruhu SV 18 RA

Stroj	Soustruh hrotový	Oběžný průměr nad ložem	380 mm
Typ	SV 18 RA	Oběžný průměr nad supportem	215 mm
Výrobce	TOS Trenčín	Vzdálenost hrotů	750 mm



Obr. 4.2 – Hrotový soustruh SV 18 RA

Řezné podmínky:

- Hrubování: řezná rychlost $v_c = 50 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

posuv na otáčku $f = 0,5 \text{ mm}$

- Dokončování: řezná rychlost $v_c = 90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

posuv na otáčku $f = 0,15 \text{ mm}$

tloušťka odebírané vrstvy $a_p = 0,2 \text{ mm}$

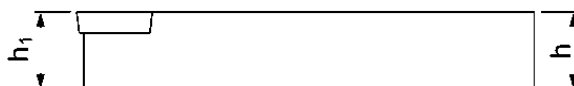
- Vrtání: řezná rychlost $v_c = 25 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Nástroje:

- Nůž pro hrubování vnějších ploch SCACR 1616 H 09

Tab. 4.3 – Parametry nože SCACR 1616 H 09 [14]

$h = h_1$ [mm]	l_1 [mm]	b [mm]	f [mm]	λ_s [°]	γ_o [°]
16	100	16	16,5	0	0

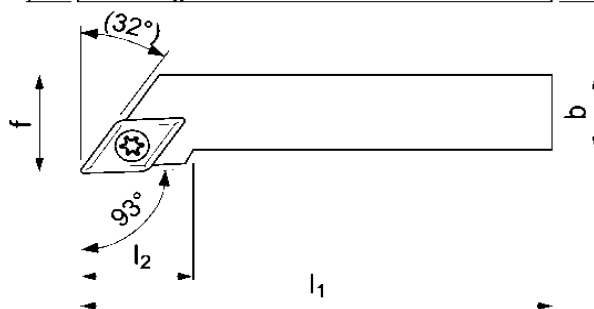


Obr. 4.3 – nůž SCACR 1616 H09 [14]

- Nůž pro soustružení vnějších ploch na čisto SDJCR 1212 F 11

Tab. 4.4 – Parametry nože SDJCR 1212 F 11 [14]

$h = h_1$ [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	b [mm]	f [mm]	λ_s [°]	γ_o [°]
12	80	20	12	16	0	0

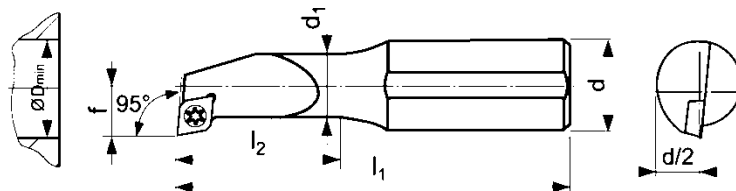


Obr. 4.4 – nůž SDJCR 1212 F11[14]

- Nůž pro hrubování vnitřních ploch – S1216M – SELPR 05

Tab. 4.5 – Parametry nože S1216M-SELPR 05 [14]

l_1 [mm]	l_2 [mm]	d_1 [mm]	d [mm]	f [mm]	λ_s [°]	γ_o [°]
150	40	12	16	9	-2	0

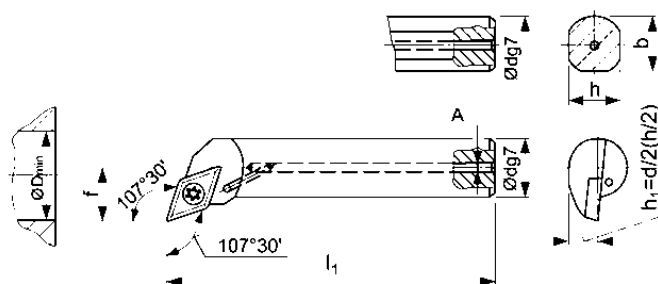


Obr. 4.5 – nůž S1216M-SELPR 05 [14]

- Nůž pro soustružení na čisto vnitřních ploch S20S – SDQCR 11

Tab. 4.6 – Parametry nože S20S – SDQCR 11 [14]

l_1 [mm]	f [mm]	h [mm]	b [mm]	dg [mm]	λ_s [°]	γ_o [°]
250	13	18	18,5	20	-5	0

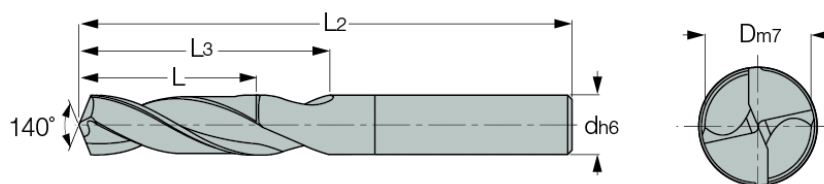


Obr. 4.6 – nůž SDQCR 11[14]

- Vrták SCD 050-020-060 AP3

Tab. 4.7 – Parametry vrtáku SCD 050-020-060 AP3 [15]

D [mm]	L [mm]	L_2 [mm]	L_3 [mm]
5	20	28	66



Obr. 4.7 – vrták SCD 050-020-060 AP3 [15]

- Vrták ČSN 221330

Tab. 4.8 – Parametry vrtáku ČSN 221330 [8]

D [mm]	L _{celková} [mm]	L _{šroubovice} [mm]	Úhel bříty [°]
26	250	140	118



Obr. 4.8 – vrták ČSN 221330 [8]

4.1.2.3 Frézování

U původní technologie byl pro frézařské práce použit stroj DMC 635V, což je velice výkonné vertikální (svislé) obráběcí centrum s technicky vyspělými ovládacími prvky pro pohodlnou obsluhu stroje. Stroj se vyznačuje maximální spolehlivostí, snadnou obsluhou a velkým pracovním prostorem.

Tab. 4.9 – Technické parametry stroje DMC 635V [16]

Výrobce	DMG Czech s.r.o. Deckel Maho
Rok výroby	2006
Upínací plocha stolu	790x560
Pojezd osy X	635 mm
Pojezd osy Y	510 mm
Pojezd osy Z	460 mm
Maximální výkon pohonu vřetena	13 kW
Počet vřeten	1
Upínací stopka	ISO 40
Rychloposuv	30 m/min
Maximální otáčky	10 000 ot./min
Řídicí systém	Siemens 840D



Obr. 4.9 – frézka DMC 635V [16]

Řezné podmínky:

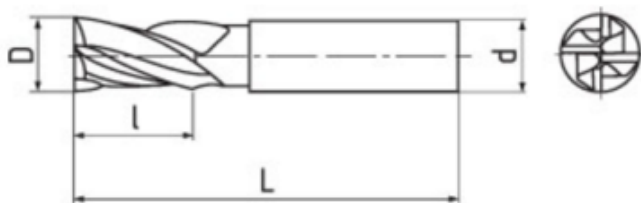
- řezná rychlost $v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- Posuv na zub $f = 0,2 \text{ mm}$

Nástroje:

- Fréza válcová čelní 4 břitá ZPS – FN

Tab. 4.10 – Parametry válcové frézy ZPS FN [8]

D [mm]	d [mm]	L [mm]	l [mm]	Počet zubů
16	16	25	75	4



Obr. 4.10 – válcová fréza ZPS FN [8]

- Gravírovací fréza GF 3,17 x 105



Obr. 4.11 – gravírovací fréza [17]

4.2 Návrh nové technologie

Výrobu daného předmětu jsme po domluvě s majiteli firmy JPMB Technology převedli ze starších konvenčních strojů na modernější a výkonnější CNC obráběcí centrum. Toto centrum sdružuje prakticky veškeré operace soustružení a frézování, což sníží náklady na údržbu a provoz stroje. Dále pak sníží potřebný čas na upínání a ustavení obrobku a v neposlední řadě sníží výrobní čas obrobku.

Společně s majiteli jsme se shodli na pořízení nového obráběcího centra od společnosti DMG MORI. Rozhodování nebylo příliš složité z důvodu toho, že firma má velice dobré zkušenosti s tímto výrobcem. Téměř od svého založení používá většinu strojů od tohoto výrobce. Proto na základě dobrých zkušeností, ohlasů v technické branži a také z hlediska údržby a servisů jsme zvolili koupi CNC centra NLX 2000, které bude mít pro firmu současně daleko více uplatnění, jelikož se bude od 1. července 2016 rozjíždět nová, mnohem náročnější zakázka.

4.2.1 Postup výroby

Technologie řezání zůstala zachována. Následující operací je soustružení. Obrodek je upnut do sklíčidla CNC centra NLX 2000. Při první operaci se nejprve vyvrtá prostřední otvor o průměru 14 mm, který bude dále sloužit jako počáteční a koncový bod pro zbývající operace. Od tohoto vyvrtaného otvoru se hrubováním vysoustruží vnitřní průměry. Začíná se na vyšší hodnotě o průměru 139 mm a hloubkou 2 mm. Následuje soustružení vybrání o průměru 133 mm a hloubkou 13 mm. Dále se pokračuje s předvrtaným otvorem, který je vysoustružen na průměr 26 mm a je zároveň koncovým bodem. Veškeré operace při hrubování se provádí s přídkem 0,2 mm.

Následuje soustružení na čisto. Při soustružení na čisto se nejprve začne čelem, poté se pokračuje s vnitřním větším průměrem, menším vnitřním průměrem a končí se ve středovém otvoru. U této operace se pracuje s přídkem 0,07 mm. Zároveň se při tomto upnutí provede technologie frézování. Dojde nejprve k hrubování osmi pozicovaných otvorů o průměru 33 mm a osmi půlkruhových vybrání na bocích kolem každého otvoru. Vyfrézuje se vždy jeden otvor a následně se obrodek pootočí a frézuje se další. Následuje frézování na čisto, kdy se obrobí veškeré pozicované otvory i s půlkruhovými vybráními. Celý tento proces na toto upnutí trvá 20 minut.

V obrábění na CNC centru NLX 2000 se pokračuje. Obrobek se otočí a upne se za vnitřní plochu. Následuje operace vrtání, kdy se na čele vyvrtají 4 menší díry o průměru 5 mm. Dále se hrubuje pomocí soustružení čelo a následně vnější průměr 145 mm na průměr 143 mm. Opět se zde používá přídavek pro hrubování 0,2 mm. Následuje soustružení na čisto. Celý vnější průměr i s čelem je soustružen s přídavkem 0,07 mm. Poslední operací na toto upnutí a vlastně i finální operací je gravírování osmi číslic na vnějším průměru. Celý proces na druhé upnutí trvá 10 minut.

4.2.2 Soustružení + frézování

Jak jsem již zmínil v úvodu této kapitoly, jako nejvhodnější obráběcí stroj byl vybrán univerzální CNC soustruh DMG MORI NLX 2000. Obráběcí centrum je vybaveno dvěma vřeteny a osou X pro nejrůznější možnosti obrábění. Sklíčidla měří 200 mm na hlavním vřetenu a 150 mm na vedlejším vřetenu. Osa Y má posuv +/- 50 mm. S délkou soustružení až 510 mm a pojezdem osy X 260 mm je NLX 2000 určen na obrábění středně velkých obrobků. Pojezd vedlejšího vřetene, osy B, je 624 mm. Otáčky prvního vřetena jsou 5000 ot/min a druhého vřetena 6000 ot/min umožňují výkonné obrábění, nástroje dosahují až 10 000 ot/min. [16]



Obr. 4.12 – CNC centrum DMG MORI NLX 2000

Tab. 4.11 – Technické parametry CNC centra DMG MORI NLX 2000 [16]

Pracovní rozsah	Oběžný průměr nad ložem	[mm]	923,8
	Oběžný průměr nad suportem	[mm]	755
	Max. průměr soustružení	[mm]	365
	Max. délka soustružení	[mm]	510
	Pracovní rozsah tyče	[mm]	65
Posuvy	Osa x	[mm]	260
	Osa Y	[mm]	590
	Osa Z	[mm]	100
Vřeteno	Maximální rychlost	[ot/min]	5000
	Typ		JIS A ₂ – 6
	Průchozí průměr otvoru	[mm]	73
	Vnitřní průměr ložiska	[mm]	120
Nástrojový revolvér	Počet nástrojových míst		12
	Výška stopky pro čtvercové nástroje	[mm]	25
	Průměr stopky pro vrtací tyče	[mm]	50
	Průměr stopky pro rotační nástroje	[mm]	26
	Maximální otáčky	[ot/min]	10 000
Rychloposuv	Osa X	[mm/min]	30 000
	Osa Y	[mm/min]	10 000
	Osa Z	[mm/min]	30 000
	Osa C	[ot/min]	400
	Koník	[mm/min]	7000/20 000
Koník	Posuv	[mm]	564
	Průměr vřetena	[mm]	80
Motor	Pohon vřetena	[kW]	15
Kapacita nádrže	Kapacita nádrže na chladicí kapalinu	[l]	220
Zdroj energie	Elektrická energie	[kVA]	28,7
	Stlačený vzduch	[MPa]	0,5
Rozměry stroje	Výška	[mm]	2 145
	Délka	[mm]	2 820
	Šířka	[mm]	2 081
	Hmotnost	[kg]	5 100

Řezné podmínky:

Hrubování: řezná rychlost $v_c = 130$ m/min

posuv na otáčku $f = 0,16$ mm/zub

Dokončování: řezná rychlost $v_c = 120$ m/min

posuv na otáčku $f = 0,07$ mm/zub

Vrtání: řezná rychlost $v_c = 40$ m/min

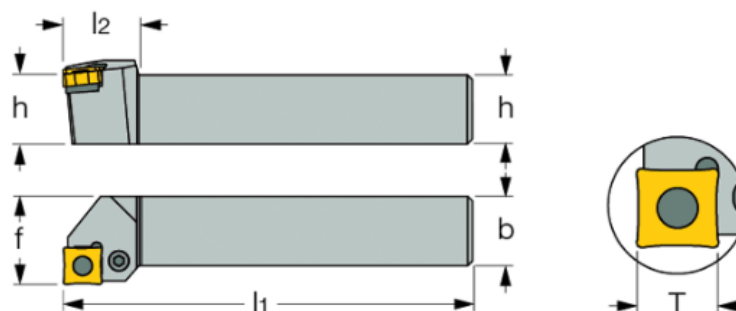
Nástroje:

Nástroje pro soustružení i frézování byli vybrány z firmy ISCAR Tools, z důvodu jejich ceny, která je nižší nežli nástroje z firmy Dormer Pramet.

- Nůž pro hrubování vnějších ploch: PQLNR 1616H – 09

Tab. 4.12 – Parametry nože PQLNR 1616H-09 [15]

h [mm]	b [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	f [mm]	T [mm]	Ga [°]	Gr [°]
16	16	100	21	20	8	-6	-6

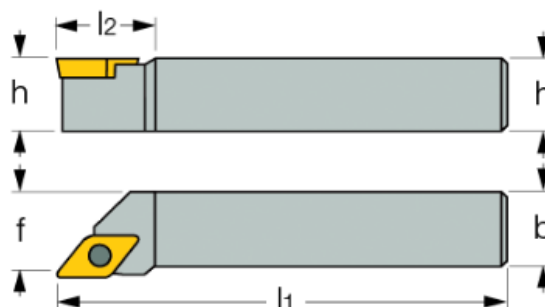


Obr. 4.13 – nůž PQLNR 1616H-09 [15]

- Nůž pro soustružení vnějších ploch na čisto: SDJCR 1212K – 07 S

Tab. 4.13 – Parametry nože SDJCR 1212K-07 S [15]

h [mm]	b [mm]	l_1 [mm]	f [mm]	Ga [°]	Gr [°]
12	12	125	12,2	0	0

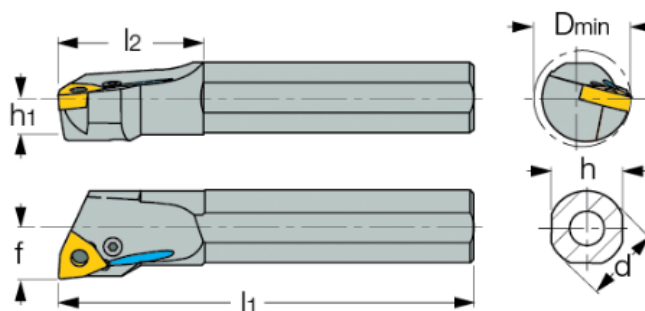


Obr. 4.14 – nůž SDJCR 1212K-07 S [15]

- Nůž pro hrubování vnitřních ploch: S16Q PWLNR – 06

Tab. 4.14 – Parametry nože S16Q PWLNR-06 [15]

d [mm]	l ₁ [mm]	l ₂ [mm]	h [mm]	h ₁ [mm]	f [mm]	Ga [°]	Gr [°]
16	180	27	15	8	11	-6	-14

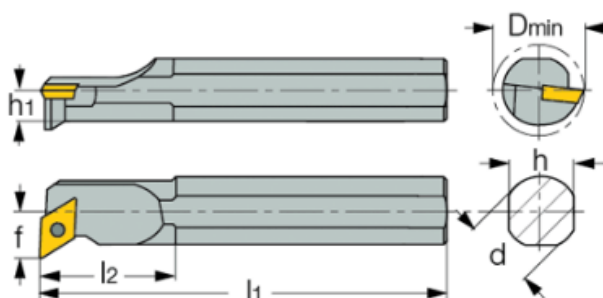


Obr. 4.15 – nůž S16Q PWLNR-06 [15]

- Nůž pro soustružení vnitřních ploch na čisto: S20R SDUCR – 11

Tab. 4.15 – Parametry nože S20R SDUCR-11 [15]

d [mm]	l ₁ [mm]	l ₂ [mm]	h [mm]	h ₁ [mm]	f [mm]	Ga [°]	Gr [°]
20	200	50	18	8,5	13	0	-6

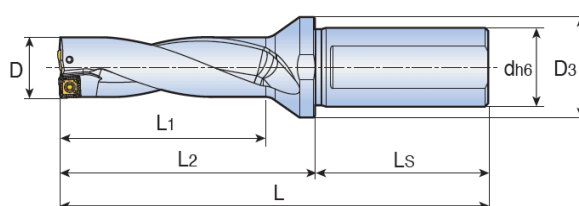


Obr. 4.16 – nůž S20R SDUCR-11 [15]

- Vrták: TOP 3140 – 20T2 – 05

Tab. 4.16 – Parametry vrtáku TOP 3140-20T2-05 [15]

D [mm]	d [mm]	D3 [mm]	L [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]	L _s [mm]
14	20	25	110	42	60	50

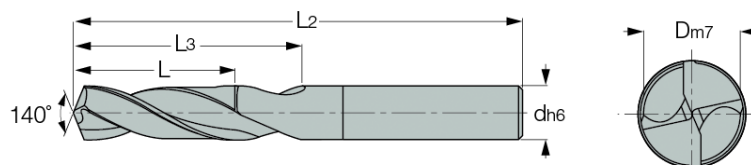


Obr. 4.17 – vrták TOP 3140-20T2-05 [15]

- Vrták SCD 050-020-060 AP3

Tab. 4.17 – Parametry vrtáku SCD 050-020-060 AP3 [14]

D [mm]	L [mm]	L ₂ [mm]	L ₃ [mm]
5	20	28	66



Obr. 4.18 – vrták SCD 050-020-060 AP3 [14]

- Fréza pro hrubování i frézování na čisto: EC – H4XL – CFR

Tab. 4.18 – Parametry frézy EC-H4XL-CFR [15]

D [mm]	d [mm]	ap [mm]	H [mm]	L [mm]	zuby
16	16	32	64	115	4



Obr. 4.19 – fréza EC-H4XL-CFR [15]

- Gravírovací fréza GF 3,17 x 105 zůstala zachována

5. Technicko – ekonomické zhodnocení

Porovnání nákladů na výrobu dané součásti operacemi soustružení a frézování je postaveno na vyčíslení finanční a časové úspory, které vzniknou použitím nově navržené technologie výroby na místo použití stávající technologie. Do nákladů nebyla zahrnuta technologie řezání, jelikož nebyla potřeba její modernizace. Hlavním požadavkem bylo snížení nákladů na chod strojů, tudíž zde nejsou zahrnuty pořizovací náklady nástrojů.

5.1 Stávající technologie

Tab. 5.1 – čas soustružení při stávající technologii

Soustružení		
Strojní čas	[min]	45
Přípravný čas	[min]	30
Celkový čas	[min]	75

Hodinová sazba soustruhu SV 18 RA: 750 Kč/hod

Celkové náklady na operaci soustružení činí 937 Kč

Tab. 5.2 – čas frézování při stávající technologii

Frézování		
Strojní čas	[min]	10
Přípravný čas	[min]	30
Celkový čas	[min]	40

Hodinová sazba frézky DMC 635V: 775 Kč/hod

Celkové náklady na operaci frézování činí 465 Kč

5.2 Navržená nová technologie

Tab. 5.3 – čas soustružení + frézování nové technologie

Soustružení + frézování		
Strojní čas	[min]	30
Přípravný čas	[min]	30
Celkový čas	[min]	60

Hodinová sazba stroje DMG MORI NLX 2000: 720 Kč/hod

Celkové náklady na operaci frézování činí 720 Kč

5.3 Porovnání nákladů

Tab. 5.4 – cenové srovnání obou výrobních způsobů

Použitá technologie	Celkové náklady
Stávající technologie	1402 Kč
Nově navržená modernější technologie	720 Kč

Zavedením nové technologie dosáhneme snížení provozních nákladů na operace soustružení a frézování o 49%.

6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo převedení zastaralé technologie výroby dané součásti, kterou je součást planetového soukolí, určené pro stroj na PVD povlakování, na modernější a výkonnější obráběcí stroj, kterým v tomto případě bylo univerzální obráběcí centrum DMG MORI NLX 2000. Jedním z faktorů pro výběr tohoto stroje byla možnost sdružení operací soustružení a frézování na tento stroj.

Dalším krokem bylo navržení nových řezných nástrojů. Řezné nástroje byly vybrány od společnosti ISCAR. Ve srovnání s noži od společnosti Dormer Pramet vyšli cenově příznivěji, téměř o 10% levněji. Co se výdrže a opotřebení VBD týče, jsou relativně srovnatelné.

Výsledkem po zavedení nové technologie sdružením obráběcích technologií soustružení a frézování v jeden stroj, je snížení výrobních nákladů oproti stávající technologii o 49%, což přineslo požadovaný efekt a byly tím splněny cíle práce.

7. Seznam použité literatury

- [1] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001, 130 s. ISBN 80-7078-811-9.
- [2] BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; NOVÁKOVÁ, Jana; PETŘKOVSKÁ, Lenka. *Technologie II - 2. díl*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] BRYCHTA, Josef. *Obrábění – návody do svičení - 2. část*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 1998. 120 s. ISBN 80-7078-470-9.
- [5] ELUC. *Elektronická učebnice*. [online]. 2014 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1224>
- [6] Technologie + fotoalbum. *Frézování, způsoby*. [online]. © 2016 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: http://www.tch.estranky.cz/fotoalbum/fotoalbum/frezovani_zpusoby/frezovani-valcovou-a-celni-frezou.jpg.html
- [7] Nakol. *Frézy na kov*. [online]. © 2016 [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://www.nakol.cz/>
- [8] Bo – Import. *Frézy tvrdokovové*. [online]. © 2015 [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://www.bo-import.cz>
- [9] BTC – Nářadí. *Nástrčné frézy*. [online]. © 2015 [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: <http://www.btc-naradi.cz/>
- [10] VUT Brno – Ústav strojírenské technologie. *Technologie I základní metody obrábění – 1. část*. [online]. © 2004 [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf
- [11] *Frézování tvarových ploch* [online]. [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: coptel.coptkm.cz/reposit.php?action=0
- [12] Materiálové normy. *NOVEL*. [online]. © 2011 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.novel.sk/materialove-normy/>
- [13] Pila na kov. *Automatická pásová pila*. [online]. [2015] [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/cz/pily/pasova-pila-na-kov-pegas_16.htm
- [14] ECatalog. *Pramet Tools s.r.o.* [online]. © 2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/>
- [15] ISCAR Cutting Tools. *Metal Working Tools*. [online]. © 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx>

- [16] DMG MORI Czech. *Lathes, CNC Milling Machines, Service and Software*. [online]. © 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/>
- [17] RPM. *Gravírovací frézy*. [online]. [2016] [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.rmp.cz/frezy.html>

8. Seznam obrázků

Obr. 2.1.	Součást planetového soukolí	10
Obr. 3.1.	Základní pohyby při frézování	11
Obr. 3.2.	Válcové frézování	11
Obr. 3.3.	Silové poměry při nesousledném frézování	12
Obr. 3.4.	Silové poměry při sousledném frézování	13
Obr. 3.5.	Čelní frézování	13
Obr. 3.6.	Geometrie břitu frézy	14
Obr. 3.7.	Skládaná fréza	15
Obr. 3.8.	Frézovací hlava s vyměnitelnými kruhovými řeznými destičkami	16
Obr. 3.9.	Frézovací trny	18
Obr. 3.10.	Upínání válcové frézy	18
Obr. 3.11.	Frézování tvarových ploch podle orýsování	19
Obr. 3.12.	Frézování tvarovým frézami	20
Obr. 3.13.	Otočný stůl pro frézování tvarových ploch	20
Obr. 3.14.	Frézování tvarových ploch kopírováním	21
Obr. 3.15.	Frézování šikmých ploch podle orýsování	22
Obr. 3.16.	Frézování šikmých ploch pomocí úhlových podložek	22
Obr. 3.17.	Frézování výřezů a drážek	24
Obr. 3.18.	Frézování rybinovitých drážek	24
Obr. 4.1	Pásová pila Pegas 240x280 A-CNC-R	27
Obr. 4.2	Hrotový soustruh	28
Obr. 4.3	Nůž SCACR 1616 H09	29

Obr. 4.4	Nůž SDJCR 1212 F11	29
Obr. 4.5	Nůž S1216 M-SELPR 05	30
Obr. 4.6	Nůž SDQCR 11	30
Obr. 4.7	Vrták SCD 050-020-060 AP3	30
Obr. 4.8	Vrták PN 221330	31
Obr. 4.9	Frézka DMC 635 V	32
Obr. 4.10	Válcová fréza ZPS FN	32
Obr. 4.11	Gravírovací fréza	32
Obr. 4.12	CNC centrum DMG MORI NLX 2000	34
Obr. 4.13	Nůž PQLNR 1616 H-09	36
Obr. 4.14	Nůž SDJCR 1212K-07S	36
Obr. 4.15	Nůž S16Q PWLNR-06	37
Obr. 4.16	Nůž S20R SDUCR-11	37
Obr. 4.17	Vrták TOP 3140-20T2-05	37
Obr. 4.18	Vrták SCD 050-020-060 AP3	38
Obr. 4.19	Fréza EC-H4XL-CFR	38

9. Seznam tabulek

Tab. 4.1	Řezné parametry pásové pily Pegas 240x280 A-CNC-R.....	27
Tab. 4.2	Parametry soustruhu SV 18 RA.....	28
Tab. 4.3	Parametry nože SCACR 1616 H09	29
Tab. 4.4	Parametry nože SDJCR 1212 F11	29
Tab. 4.5	Parametry nože S1216M-SELPR 05	30
Tab. 4.6	Parametry nože S20S-SDQCR 11	30
Tab. 4.7	Parametry vrtáku SCD 050-020-060 AP3	30
Tab. 4.8	Parametry vrtáku PN 221330	31
Tab. 4.9	Technické parametry stroje DMC 635 V	31
Tab. 4.10	Parametry válcové frézy ZPS FN	32
Tab. 4.11	Technické parametry CNC centra DMG MORI NLX 2000	35
Tab. 4.12	Parametry nože PQLNR 1616 H-09	36
Tab. 4.13	Parametry nože SDJCR 1212K-07S.....	36
Tab. 4.14	Parametry nože S16Q PWLNR-06.....	37
Tab. 4.15	Parametry nože S20R SDUCR-11.....	37
Tab. 4.16	Parametry vrtáku TOP 3140-20T2-05	37
Tab. 4.17	Parametry vrtáku SCD 050-020-060 AP3	38
Tab. 4.18	Parametry frézy EC-H4XL-CFR.....	38
Tab. 5.1	Čas soustružení při stávající technologii	39
Tab. 5.2	Čas frézování při stávající technologii	39
Tab. 5.3	Čas soustružení + frézování nové technologie	39
Tab. 5.4	Cenové srovnání obou výrobních způsobů.....	40

10. Seznam příloh

Příloha č. 1: Výrobní výkres věnce

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc z katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie, VŠB – TU Ostrava za ochotné a vstřícné podněty při zpracování bakalářské práce a odborné vedení.

Dále bych rád poděkoval Ing. Josefu Příbylovi ze společnosti JPMB Technology, s.r.o. za umožnění vypracovat tuto bakalářskou v této firmě a za poskytnutí potřebných informací a podkladů pro vypracování bakalářské práce.